

HAND MOTION CONTROL UNTUK MENGERAKKAN QUADCOPTER ROBOT DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR ACCELEROMETER ADXL335 DAN WIRELESS XBee-PRO Series 1 60 mW BERBASIS MIKROKONTROLLER ATmega32

Ida Bagus Alit Swamardika

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Bukit-Jimbaran, Badung, Bali
Email: alit_bbc@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem yang dibuat dalam penelitian ini adalah implementasi *hand motion control* pada *quadcopter robot* dengan menggunakan sensor *accelerometer* ADXL335 yang dikomunikasikan dengan *wireless XBee-PRO Series 1* dengan daya RF = 60 mW berbasis mikrokontroler ATmega32. *Wireless XBee-PRO* bertindak sebagai media komunikasi *wireless* yang menghubungkan antara rangkaian *transmitter* dengan rangkaian *receiver*. *Hand motion device* terdapat pada rangkaian *transmitter* sedangkan rangkaian *receiver* dihubungkan dengan *flight controller* untuk dapat mengendalikan pergerakan *quadcopter* berdasarkan data yang dikirimkan oleh *transmitter*. *Transmitter* akan mengirimkan perintah maju, mundur, belok kanan dan belok kiri berdasarkan pembacaan kemiringan sudut sensor *accelerometer* ADXL335 yang dipasang pada bagian punggung tangan. Hasil yang dicapai dalam penerapan sistem ini yaitu sistem komunikasi *wireless* sudah dapat mengendalikan pergerakan *quadcopter* robot untuk bergerak maju, mundur, belok kanan, dan belok kiri sesuai dengan data yang diberikan. Jarak jangkauan maksimal yang mampu dicapai di luar ruangan adalah 105 meter dengan waktu transmisi ± 1 detik. RPM (*Rotation Per-Minute*) maksimal yang mampu dihasilkan dari motor *brushless* NTM Prop Drive Series 28-26A 1200kv yang digunakan pada *quadcopter* adalah sebesar 13.068 rpm dengan daya yang dibutuhkan adalah sebesar 186 watt. Dari hasil pengujian, *quadcopter* mampu mengangkat beban $\pm 4,4$ Kg.

Kata Kunci: *Quadcopter, Hand Motion Control, Accelerometer ADXL335, Xbee-Pro Series 1.*

ABSTRACT

The system was made in this research is the implementation of *hand motion control* to *quadcopter robot* using the *accelerometer* sensor ADXL335 which communicated by *wireless XBee-PRO Series 1* with RF power = 60 mW based on ATmega32 microcontroller. *Wireless XBee-PRO* acts as a medium that connects *wireless* communication between the *transmitter* circuit to the *receiver* circuit. *Hand motion device* contained in the *transmitter* circuit while the *receiver* is connected to *flight controller* to controll the movement of *quadcopter* based on data was sent by the *transmitter*. *Transmitter* will send the command forward, backward, turn right and turn left depends on the tilt angle of sensor *accelerometer* ADXL335 readings that's mounted on the back of his hand. The results achieved in the application of this system is a *wireless* communication system has been able to control the movement of the *quadcopter* robots to move forward, backward, turn right, turn left and in accordance with the given data. Reach maximum distance that can be achieved in outdoors is 105 meters with a time of transmission of ± 1 sec. RPM (*Rotation Per-Minute*) are able to produce a maximum of *brushless* motors NTM Prop Drive Series 28-26A 1200kv used on the *quadcopter* is at 13,068 rpm with the power needed is equal to 186 watts. From the test results, *quadcopter* capable of lifting ± 4.4 Kg.

Key Words: *3-5 Quadcopter, Hand Motion Control, Accelerometer ADXL335, Xbee-Pro Series 1.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi khususnya di bidang teknologi robotika saat ini berkembang dengan sangat pesat dilihat dari banyaknya pengaplikasian teknologi robotika berbasis sistem kontrol dan kecerdasan buatan dalam bidang industri, pendidikan, maupun kehidupan sehari-hari. Teknologi robotika dikembangkan pada dasarnya bertujuan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan tertentu, seperti pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi, berisiko tinggi, ataupun pekerjaan yang berulang-ulang dan monoton. Salah satu bentuk pengaplikasian dari teknologi robotika yang erat kaitannya dengan sistem kontrol adalah *Quadcopter robot*.

Quadcopter robot merupakan sebuah pesawat tanpa awak atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang memiliki empat buah baling-baling (*propeller*) dan empat buah motor *brushless* yang berfungsi sebagai *actuator* (penggerak) yang dikendalikan oleh *flight controller* agar robot dapat terbang dengan stabil. Penggunaan UAV saat ini sangat dibutuhkan, baik itu di bidang militer maupun sipil. *Quadcopter robot* dapat digunakan dalam pencarian korban bencana pada kondisi ekstrim, penginderaan jarak jauh seperti sistem monitoring serta bermanfaat sebagai alat pemetaan dan pengawasan pada suatu wilayah. Permasalahan yang sering dihadapi dalam mengoperasikan robot *quadcopter* ini adalah masalah kestabilan serta pengendalian dari robot, sehingga dibutuhkan suatu perancangan mekanisme sistem kontrol dan *design* yang baik untuk menjaga kestabilan dari robot pada saat terbang[1]. Pada penelitian ini salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan derajat kemiringan dari robot pada saat terbang adalah dengan menggunakan sensor *accelerometer* ADXL335 untuk mendeteksi kemiringan sudut (*pitch*, *roll*, *yaw*) yang ditambahkan dengan metode pengendalian berbasis *hand motion control* yang dikomunikasikan dengan *wireless XBee-PRO Series 1* 60 mW sehingga memudahkan dalam mengendalikan pergerakan robot.

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana mengimplementasikan *hand motion control* pada *quadcopter robot* dengan menggunakan sensor *accelerometer* ADXL335 dan *wireless XBee-PRO series 1* 60 mW berbasis mikrokontroler ATmega32.

Tujuan yang ingin dicapai sebagai bentuk keberhasilan dalam mengatasi permasalahan pada penelitian ini adalah agar mampu mengimplementasikan *hand motion control* pada *quadcopter robot* dengan menggunakan sensor *accelerometer* ADXL335 yang dikomunikasikan dengan *wireless XBee-PRO Series 1* 60 mW berbasis mikrokontroler ATmega32 untuk mengendalikan pergerakan robot.

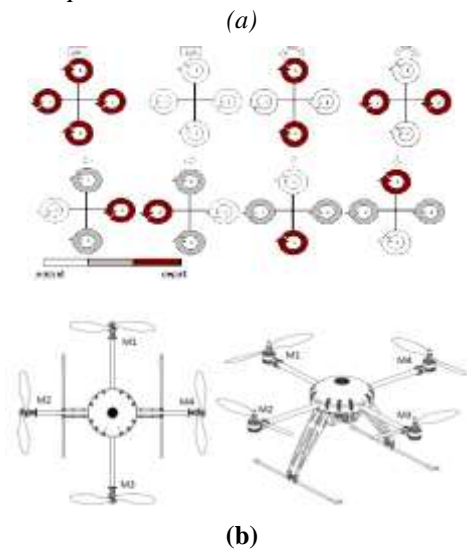
Agar permasalahan tidak berkembang menjadi luas akibat timbulnya permasalahan baru, maka perlu dilakukan batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Hanya membahas mengenai *quadcopter robot* yang dikendalikan dengan menggunakan *hand motion* yang dikomunikasikan secara nirkabel dengan modul komunikasi *wireless* menggunakan XBee-PRO Series 1 60 mW dengan standar protokol IEEE 802.15.4.
2. Menggunakan sensor *Accelerometer* ADXL335 untuk mendeteksi kemiringan sudut.
3. Kontrol yang digunakan untuk mengendalikan kestabilan robot adalah KK 2.0 *board controller*.
4. Tidak membahas mengenai pemodelan matematis *quadcopter*, *design propeller*, rangkaian *flight controller*, dan rangkaian *Esc* dari robot.
5. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler AVR ATmega32.
6. Menggunakan *software CodeVision* AVR untuk pemrograman mikrokontroler AVR ATmega32.

2. Tinjauan Pustaka

A. Quadcopter Robot

Quadcopter memiliki 6 Degree Of Freedom (DoF) yang menentukan *attitude* dari quadcopter. Quadcopter memiliki 4 buah motor *brushless* yang dipasang dengan *propeller* sebagai penggerak yang digunakan untuk menghasilkan gaya angkat. Tipe dari quadcopter sendiri terdiri dari 2 jenis, yaitu tipe X dan tipe +. Untuk dapat bergerak naik dan stabil, diperlukan kecepatan yang sama dan cukup besar pada keempat rotornya. Terlihat pada Gambar 1, pengaruh kecepatan rotor terhadap gerakan quadcopter.



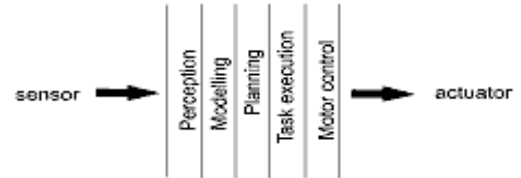
Gambar 1. Quadcopter robot [2]

(a) Arah putaran motor (b) Design quadcopter

Dari Gambar 1 terlihat quadcopter dengan konfigurasi +, tanda merah menunjukkan motor bergerak dengan putaran yang cepat, tanda abu-abu menunjukkan motor bergerak dengan kecepatan sedang dan tanda putih menunjukkan motor bergerak dengan kecepatan lambat. Dengan melihat pada Gambar 1 dapat diketahui bagaimana sistem pergerakan pada quadcopter.

B. Behavior Based Robotic

Pada sistem kendali robot, pendekatan yang biasa digunakan adalah dengan menguraikan setiap masalah ke dalam rangkaian unit fungsional sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

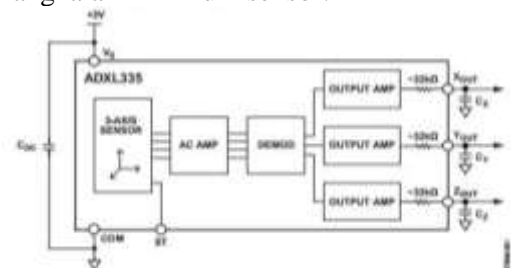


Gambar 2. Teknik penguraian sistem kendali robot ke dalam unit-unit fungsional [4]

Dari Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa dalam merancang sebuah sistem kendali, salah satu metode yang dapat digunakan adalah *behavior based robotic*. Tahapan yang pertama adalah membaca nilai sensor sebagai *input* ke dalam sistem, kemudian persepsi nilai tersebut sebagai suatu satuan (*perception*) dan memodelkannya ke dalam bentuk suatu persamaan (*modeling*) sehingga dapat direncanakan (*planning*) pergerakan robot. Tahap selanjutnya mengeksekusi perencanaan yang telah dilakukan (*task execution*) untuk mengendalikan motor sebagai *actuator* robot (*motor control*) [4].

C. Accelerometer ADXL335

Accelerometer ADXL335 merupakan sebuah sensor yang mampu mendeteksi kemiringan sudut dalam kondisi statis. Sensor ini memiliki ukuran yang sangat kecil yaitu 4mm x 4mm x 1.45mm yang memiliki konsumsi daya yang rendah yaitu hanya sebesar 3V. Keluaran dari sensor ini mengimplementasikan 3 aksis (x, y dan z) dengan *output* yang telah di-filter dengan kapasitor. Sensor ini mengukur akselerasi dengan *range full scale* $\pm 3g$. Sensor ini juga dapat mengukur akselerasi statis dari gravitasi dalam aplikasi *tilt sensing* sama baiknya dalam mengukur akselerasi dinamis dari *motion*, *shock* dan *vibration*. Gambar 3 merupakan tampilan dari rangkaian minimum sensor.



Gambar 3. Accelerometer ADXL335[1]

D. Modul Wireless XBee-PRO

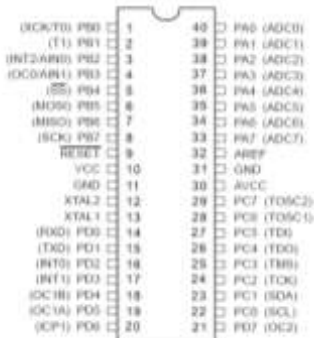
XBee-PRO merupakan modul yang memungkinkan mikrokontroler untuk berkomunikasi secara *wireless* dengan standar protokol ZigBee. ZigBee beroperasi pada spesifikasi IEEE 802.15.4 radio fisik dan beroperasi pada *band* berlisensi yaitu 2.4 GHz, 900 MHz dan 868 MHz. Basis XBee berasal dari modul MaxStream. Modul ini beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz. Sesuai *datasheet*, pada saat pengiriman data modul XBee-PRO memerlukan catu daya 2.8 V_{DC} sampai dengan 3.3 V_{DC}. modul XBee PRO akan membebani dengan arus sebesar 250 mA pada pengiriman data (Tx) dan arus 50 mA untuk penerimaan data (Rx) dengan jangkauan : 100 meter (*indoor*) dan 1500 meter (*outdoor*) [5].

Pada modul XBee-PRO terdapat 20 pin, namun yang digunakan hanya 6 pin, yaitu V_{CC} dan GND untuk tegangan suplai modul, RESET merupakan pin *reset* XBee-PRO, D_{OUT} merupakan pin Transmitter (Tx), D_{IN} merupakan pin *receiver* (Rx), dan yang terakhir adalah PWMO/RSSI yaitu sebagai indikator penerimaan data yang biasanya dihubungkan ke *led*. Bentuk fisik dari modul *wireless* XBee-PRO ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Modul *wireless* XBee-PRO[5]

E. Mikrokontroler ATmega32



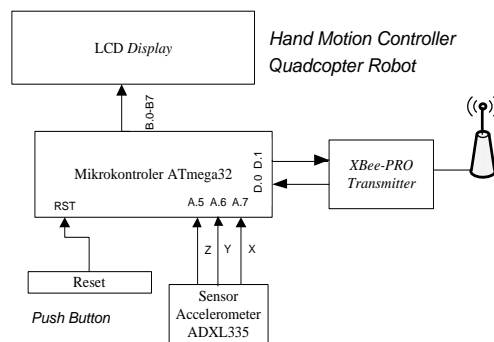
Gambar 5. Konfigurasi PIN AVR ATmega32[3]

AVR memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler lain, keunggulan mikrokontroler AVR yaitu memiliki kecepatan dalam mengeksekusi program yang lebih cepat, karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock* (lebih cepat dibandingkan mikrokontroler keluarga MCS 51 yang memiliki arsitektur *Complex Intruction Set Compute*). ATMEGA32 mempunyai *throughput* mendekati 1 *Millions Instruction Per Second* (MIPS) per MHz, sehingga membuat konsumsi daya menjadi rendah terhadap kecepatan proses eksekusi perintah.

3. Metode Perancangan

A. Perancangan Hand Motion Controller

Hand motion controller yang terdapat pada *quadcopter robot* merupakan sebuah *board controller* yang berfungsi sebagai pengolah data yang mampu mengkonversi kemiringan sudut yang didapat dari gerakan tangan menjadi data digital untuk selanjutnya diolah dan dikirim ke dalam *quadcopter* sebagai referensi untuk mengatur pergerakan robot.



Gambar 6. Perancangan *Hand Motion Controller Board*

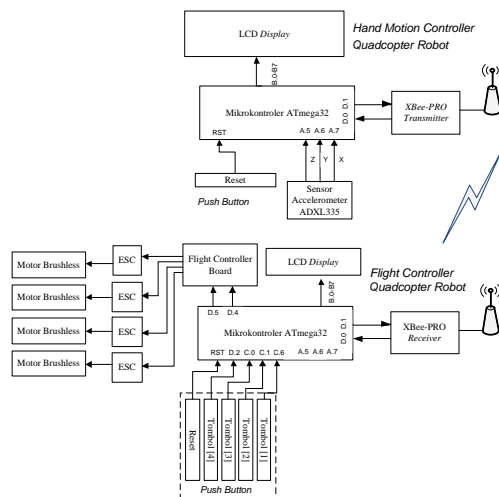
Pada *hand motion controller* ini terdapat beberapa komponen antara lain:

1. ATmega32 merupakan sebuah *chip* mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengolah data yang terdapat pada *hand motion controller*.
2. Sensor *Accelerometer* ADXL335 yang terdapat pada *hand motion controller* berfungsi untuk mengetahui derajat kemiringan dari pergerakan tangan.

3. Wireless XBee-PRO Series1 60 mW pada *flight controller* berfungsi sebagai *transmitter* atau pengirim data ke dalam *quadcopter* sebagai referensi untuk pergerakan robot sehingga dapat dikontrol dengan hanya menggerakkan tangan.
4. LCD yang terdapat pada *flight controller* berfungsi untuk menampilkan *display* mengenai data yang dikirimkan serta hasil pembacaan sensor.

B. Perancangan Pengendalian Quadcopter Robot

Pengendalian yang dilakukan pada *quadcopter robot* bertujuan untuk mengatur pergerakan robot dengan menggunakan *hand motion control* yang dikomunikasikan dengan Wireless XBee-PRO Series1 60 mW berbasis mikrokontroler ATmega32. Sistem pengendalian robot ini dibagi menjadi dua bagian yaitu pertama rangkaian pengirim (*Transmitter*) yang merupakan *hand motion controller*, kedua yaitu rangkaian penerima (*Receiver*) yang terhubung dengan *flight controller board* dari *quadcopter robot*. Diagram blok keseluruhan dari sistem pengendalian robot dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram blok pengendalian pergerakan *quadcopter robot*

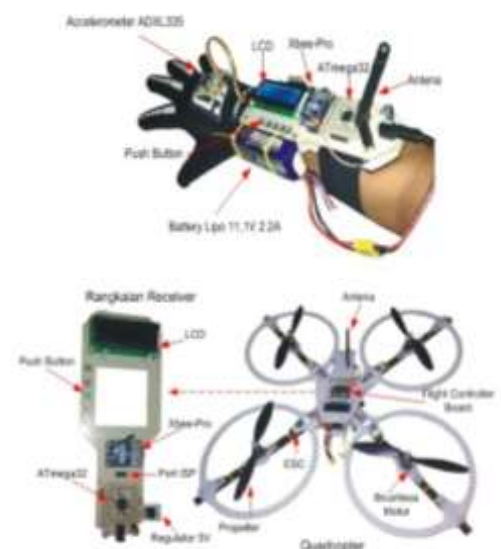
Metode kontrol dari keseluruhan peralatan pengendalian *quadcopter robot* seperti yang terlihat pada Gambar 7. adalah pertama-tama dilakukan proses pengambilan data dari *accelerometer* ADXL335 yang

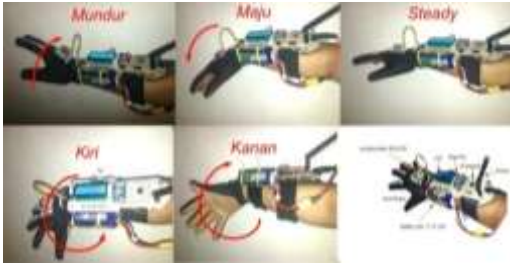
terdapat pada *hand motion controller board* berdasarkan kemiringan sudut yang diberikan melalui gerakan tangan. Kemudian nilai tersebut akan dikirimkan melalui XBee *transmitter* sebagai data referensi untuk menggerakkan robot berupa nilai kemiringan sudut. Setelah data berhasil dikirimkan maka data tersebut akan diterima oleh XBee yang terdapat pada rangkaian *receiver* untuk selanjutnya diproses pada *chip* mikrokontroler untuk mengkonversi nilai kemiringan sudut tersebut menjadi nilai PWM agar dapat dibaca oleh rangkaian *flight controller* sebagai instruksi untuk mengatur kecepatan motor *brushless* agar robot dapat bergerak sesuai dengan *hand motion* yang diberikan. *Electronic Speed Controller* (ESC) yang terdapat pada *flight controller board* berfungsi untuk mengendalikan putaran motor *brushless* agar robot dapat bergerak sesuai dengan nilai referensi yang diberikan, input dari ESC ini merupakan nilai PWM yang dibangkitkan oleh *flight controller board*.

4. Hasil dan Pembahasan

A. Realisasi Hasil Perancangan

Realisasi perancangan *hand motion control* pada *quadcopter robot* dengan menggunakan XBee-Pro Series 1 60 mW berbasis mikrokontroler ATmega 32, dapat dilihat pada Gambar 8 yang merupakan rangkaian *transmitter* (*hand motion device*). *Quadcopter robot* telah dilengkapi dengan rangkaian *receiver*.

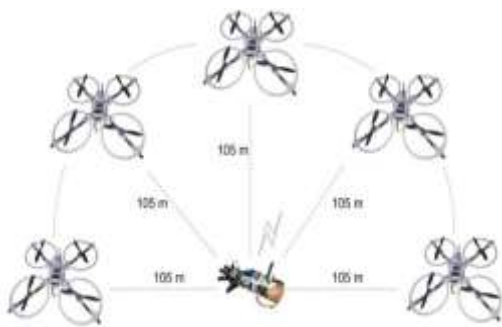




Gambar 8. Hand Motion Control Quadcopter

B. Jarak Jangkauan Maksimal

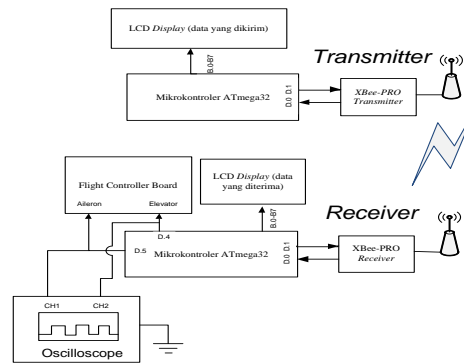
Berdasarkan hasil pengujian jarak dan waktu pengiriman data yang dilakukan di luar ruangan tanpa adanya halangan, pada jarak 105 meter *quadcopter robot* dan *hand motion device* masih dapat berkomunikasi dengan baik sedangkan pada jarak 115 sampai 120 meter data tersebut sudah tidak dapat terkirim sehingga menyebabkan komunikasi antara *hand motion device* dan *quadcopter robot* menjadi terputus. Gambar 9 menunjukkan gambaran ilustrasi dari jarak jangkauan maksimal komunikasi dari *hand motion device* dengan *quadcopter robot*.



Gambar 9. Jangkauan Komunikasi Quadcopter

C. Pembangkitan Sinyal Referensi Pergerakan Quadcopter

Pengujian pembangkitan sinyal PWM (*pulse width modulation*) pada rangkaian *receiver* ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai PWM yang harus diberikan ke dalam PIN *input aileron* dan *elevator* yang terdapat pada *flight controller* agar mampu membuat *quadcopter* bergerak. Untuk dapat mengetahui besar nilai PWM yang masuk ke dalam PIN *aileron* dan *elevator*, PIN tersebut harus dihubungkan terlebih dahulu dengan *oscilloscope*. Blok diagram dari pengujian ini adalah ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Blok diagram pengujian pembangkitan sinyal PWM

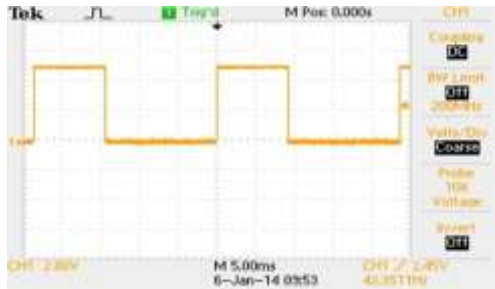
Dari blok diagram pengujian yang terdapat pada Gambar 10 dapat dijelaskan bahwa nilai pembangkitan PWM yang terdapat pada rangkaian *receiver* tergantung dari data yang dikirimkan oleh rangkaian *transmitter*. Gambar 11 merupakan gambaran dari proses pengujian pembangkitan sinyal PWM pada rangkaian *receiver*.



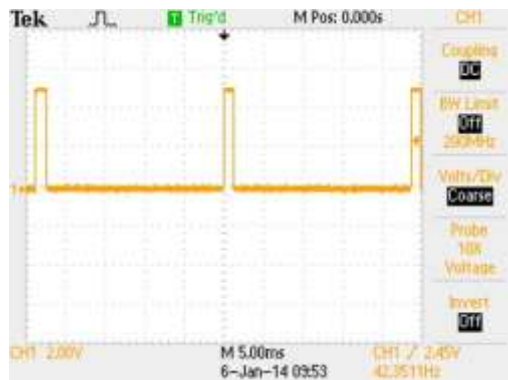
Gambar 11. Proses pengujian pembangkitan sinyal PWM dari rangkaian *receiver*

Untuk dapat membuat *quadcopter* bergerak maju dan mundur maka PIN *elevator* pada *flight controller* harus diberikan sinyal PWM yang berasal dari rangkaian *receiver*, dan untuk dapat membuat *quadcopter* bergerak ke kiri dan ke kanan maka PIN *aileron* pada *flight controller* harus diberikan sinyal PWM yang berasal dari rangkaian *receiver*. Selanjutnya untuk dapat membuat *quadcopter* pada kondisi *steady* maka PIN *elevator* dan PIN *aileron* pada *flight controller* harus diberikan nilai yang sama. Adapun gambaran dari sinyal PWM yang diberikan pada PIN *aileron* dan *elevator* pada *flight controller* ditampilkan pada Gambar 12 untuk membuat *quadcopter* dalam kondisi

“Steady”. Gambar 13 PIN Elevator untuk membuat *quadcopter* dalam kondisi “Maju” dan pada PIN Aileron untuk membuat *quadcopter* dalam kondisi belok “Kiri”. Gambar 14 PIN Elevator untuk membuat *quadcopter* dalam kondisi “Mundur” dan pada PIN Aileron untuk membuat *quadcopter* dalam kondisi belok “Kanan”.



Gambar 12. Input PWM pada PIN Aileron dan Elevator



Gambar 13. Referensi input PWM pada PIN Elevator dan Aileron untuk kondisi “Maju” dan belok “Kiri”



Gambar 14. Referensi input PWM pada PIN Elevator dan Aileron kondisi “Mundur” dan belok “Kanan”

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Secara umum *hand motion control* sudah dapat diimplementasikan ke dalam *quadcopter robot* dengan menggunakan sensor *accelerometer* ADXL335 yang dikomunikasikan dengan *wireless XBee-PRO Series 1* 60 mW berbasis mikrokontroler ATmega32. Pengendalian pergerakan *quadcopter robot* ini meliputi pergerakan maju, mundur, kanan, dan kiri yang dilakukan diluar ruangan (*outdoor*).
2. Komunikasi antara *hand motion control* dan *quadcopter robot* dengan menggunakan *wireless XBee-PRO* sudah dapat mengirim dan menerima data secara akurat, dengan jarak jangkauan maksimal 105 meter di luar ruangan.

6. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan guna pengembangan sistem kendali *hand motion* pada *quadcopter robot* lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan sistem kendali dari *quadcopter* diharapkan menggunakan komunikasi dua arah untuk mengetahui bagaimana kondisi dari *quadcopter* pada saat terbang.
2. Pengembangan sistem kendali dari *quadcopter* diharapkan mampu menggunakan GPS (*Global Positioning System*) sehingga dapat mengendalikan pergerakan robot dengan cara memberikan titik koordinat kemana *quadcopter robot* tersebut harus bergerak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Analog Device [2012], *Accelerometer ADXL335*. [cited 2013 November 8]. Available From : URL; www.digikey.com.
- [2] Andika, F.[2012], “Perancangan dan Implementasi Autonomous Landing Menggunakan Behavior-Based dan Fuzzy Controller pada Quadcopter”,

Surabaya: *Jurnal Teknik ITS* Vol.1, No.1.

- [3] Atmel [2011]. *ATmega32/L datasheet*. [cited 2013 October 9]. Available From : URL; www.atmel.com/doc2503.pdf.
- [4] Brooks [1986], *A Robust Layered Control System for a Mobile Robot*, *Jurnal IEEE of Robotics and Automation* Vol.2, No.1, hal.14-23.
- [5] MaxStream [2005]. *XBee® & XBee-PRO® 802.15.4 OEM RF Modules*. [cited 2013 November 7]. Available From : URL; http://www.cytron.com.my/datasheet/WirelessDevice/manual_xb_oemrfmodules_802.15.4.pdf.